

2957-0136
RBM/jjs



THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent of)
)
Young Kil KWON et al.)
)
Application No. 10/616,943) Group Art Unit: 2834
)
Filed: July 11, 2003) Examiner: Unassigned
)
For: SUPERCONDUCTING ROTOR WITH COOLING SYSTEM

SUBMISSION OF PRIORITY APPLICATION

Commissioner of Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Dear Sir:

Submitted herewith is a certified copy of Korean Patent
Application No. 2002-0043454, filed July 24, 2002, from which
priority has been claimed in the above patent application.

Respectfully submitted,

By

Robert B. Murray
Attorney for Applicants
Registration No. 22,980
ROTHWELL, FIGG, ERNST & MANBECK
Suite 800, 1425 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202)783-6040

5957-136
P.N. 10/16/93
O.D. 2834

대한민국 특허청

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

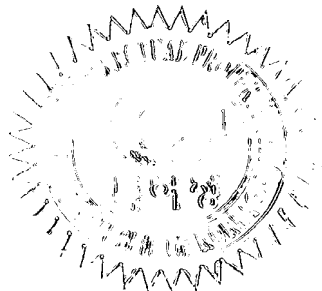
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0043454
Application Number PATENT-2002-0043454

출원년월일 : 2002년 07월 24일
Date of Application JUL 24, 2002

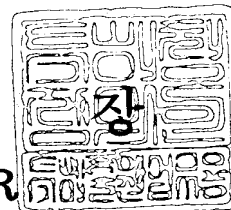
출원인 : 한국전기연구원
Applicant(s) KOREA ELECTRO TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE



2002 년 10 월 14 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2002.07.24
【발명의 명칭】	냉각시스템 내장형 초전도 로터
【발명의 영문명칭】	Superconducting Rotor With Conduction Cooling System
【출원인】	
【명칭】	한국전기연구원
【출원인코드】	3-1999-900218-7
【대리인】	
【성명】	박래봉
【대리인코드】	9-1998-000250-7
【포괄위임등록번호】	2000-015664-3
【발명자】	
【성명의 국문표기】	권영길
【성명의 영문표기】	KWON, Young Kil
【주민등록번호】	590728-1114213
【우편번호】	641-010
【주소】	경상남도 창원시 상남동 토월성원아파트 509동 403호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	손명환
【성명의 영문표기】	SHON, Myung Hwan
【주민등록번호】	630421-1122231
【우편번호】	609-391
【주소】	부산광역시 금정구 장전1동 269-3번지 현대2차아파트 1409호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이언용
【성명의 영문표기】	LEE, Eon Young
【주민등록번호】	600513-1899111

【우편번호】	641-752
【주소】	경상남도 창원시 남양동 성원아파트 208동 407호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	백승규
【성명의 영문표기】	BAIK, Seung Kyu
【주민등록번호】	721119-1654229
【우편번호】	641-110
【주소】	경상남도 창원시 가음정동 한국전기연구원아파트 나동 203호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김석환
【성명의 영문표기】	KIM, Seog Whan
【주민등록번호】	640112-1117111
【우편번호】	641-110
【주소】	경상남도 창원시 가음정동 한국전기연구원아파트 가동 301호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	윤문수
【성명의 영문표기】	YUN, Mun Soo
【주민등록번호】	500624-1093716
【우편번호】	641-150
【주소】	경상남도 창원시 안민동 청솔아파트 108동 603호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	류강식
【성명의 영문표기】	RYU, Kang Sik
【주민등록번호】	580805-1030612
【우편번호】	641-010
【주소】	경상남도 창원시 상남동 토월성원아파트 204동 503호
【국적】	KR
【심사청구】	청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
박래봉 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 4 면 4,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 8 항 365,000 원

【합계】 398,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면후 수수료】 199,000 원

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 냉각 시스템을 내장한 초전도 로터에 관한 것으로, 강한 자장을 발생시키기 위한 초전도 계자코일(100)과; 상기 계자코일(100)을 지지하는 계자코일 지지부(110)와; 상기 계자코일(100)을 냉각하기 위해 계자코일 지지부(110)내에 저온단 연결부(200)를 통해 연결된 환형의 재생관(210)과, 상기 재생관(210)의 내측에 설치되어 상기 재생관(210)과 연결된 맥동관(Pulse Tube)(220)과, 상기 재생관과 맥동관을 연결하는 고온단 연결부(230)와, 상기 재생관(210)의 고온단 측에서 고압 및 저압의 가스가 출입하는 작동유체출입관(250)과, 상기 고온단 연결부(230) 측에서 상기 작동유체출입관(250)과 상기 맥동관(220)을 연결하는 이중기체유입밸브(270)와, 상기 고온단 연결부(230) 측의 상기 맥동관(220)과 오리피스 밸브(260)를 통해 연결된 가스 저장통(240)을 포함하는 맥동관 냉동기와; 상기 계자코일지지부(110)와 연결되어 상기 계자코일(100)에서 외부로 회전력을 전달하기 위한 토크 튜브(120)와; 적어도 상기 계자코일(100)을 포함한 상기 계자코일지지부(110)를 둘러싸고 있는 로터 내통(130)과; 상기 로터 내통(130)을 둘러싸고 있는 로터 외통(140) 및; 상기 로터 내통(130)과 상기 로터 외통(140) 사이에 설치된 열차폐판(160)을 포함하여 구성되어, 상기 계자코일(100)의 내측에 설치된 맥동관 냉동기를 운전하여 상기 계자코일(100)을 전도냉각방식으로 운전온도까지 냉각시켜 초전도화시킴으로써 액체 또는 기체상태의 극저온 냉매의 순환이 없이 운전하는 것이 가능하며 구조가 간단하며, 운전의 편리성, 효율 및 신뢰성을 향상시키도록 하는 효과가 있다.

【대표도】

도 2

1020020043454

출력 일자: 2002/10/15

【색인어】

초전도 로터, 맥동관 냉동기, 초전도 계자코일, 발전기, 전동기

【명세서】

【발명의 명칭】

냉각시스템 내장형 초전도 로터 {Superconducting Rotor With Conduction Cooling System}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래의 초전도 로터의 구성도,

도 2는 본 발명에 따른 냉각 시스템 내장형 초전도 로터의 요부 종단면도,

도 3은 도 2에 도시한 맥동관 냉동기 부분을 확대하여 도시한 도면,

도 4는 본 발명에 따른 냉각 시스템 내장형 초전도 로터의 일 실시예를 도시한 도면,

도 5는 본 발명에 따른 냉각 시스템 내장형 초전도 로터의 다른 실시예를 도시한 도면이다.

** 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 **

100 : 초전도 계자코일

110 : 계자코일지지부

120 : 토오크 튜브

130 : 로터 내통

140 : 로터 외통

150 : 진공부

160 : 열차폐판

200 : 저온단 연결부

210 : 재생관(regenerator)

220 : 맥동관(Pulse tube)

- | | |
|------------------------------------|----------------|
| 230 : 고온단 연결부 | 240 : 가스 저장통 |
| 250 : 작동유체 출입관 | 260 : 오리피스 밸브 |
| 270 : 이중기체유입관(double inlet valve) | |
| 300 : 유체실링장치(fluid sealing system) | |
| 310 : 로터리밸브 | 320 : 고압가스 유입관 |
| 330 : 저압가스유출관 | 340 : 작동유체압축기 |
| 400 : 선형압축기(linear compressor) | |

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<19> 본 발명은 발전기 및 전동기용 초전도 로터(Rotor)에 관한 것으로서, 특히 초전도 계자코일을 보다 단순한 구조로 초전도화할 수 있도록 된 냉각시스템 내장형 초전도 로터에 관한 것이다.

<20> 일반적으로 구리선 대신에 초전도선을 사용하여 계자코일을 구성한 회전기를 초전도 회전기라 하며, 도 1은 종래의 초전도 로터의 구성을 도시하였다.

<21> 종래의 초전도 로터는, 도 1에 도시된 바와 같이, 높은 자장을 발생시키기 위해 초전도선으로 권선된 초전도 계자코일(10)과; 상기 계자코일(10)을 지지하기 위한 계자코일지지부(11); 상기 계자코일지지부(11)와 연결되어 상기 계자코일(10)

에서 외부로 회전력을 전달하기 위한 토크 튜브(Torque Tube)(12); 적어도 상기 계자코일(10)을 포함한 상기 계자코일지지부(11)를 둘러싸고 있는 로터 내통(13); 상기 로터 내통(13)을 둘러싸고 있는 로터 외통(14); 상기 로터 내통(13)과 상기 로터 외통(14) 사이에 설치된 열차폐판(15); 상기 계자코일(10)을 냉각하여 초전도화 하기 위해 저온의 냉매를 상기 로터 내통(13)으로 공급하고 고온의 냉매 가스를 회수하기 위한 냉매 공급/회수 장치(20)를 포함하여 구성되어 있다. 또한, 상기 로터 외통(14)과 상기 로터 내통(13) 사이는 외부와의 단열을 위하여 고진공층(18)으로 형성되어 있다.

<22> 상기 냉매 공급/회수 장치(20)는 상기 계자코일(10)을 냉각시켜 초전도 상태로 유지하기 위하여 설치된 것으로서, 상기 로터 내통(13)에 연결되어 냉매를 상기 로터 내통(13)의 내부로 공급하기 위한 내측관(냉매가스 공급관)(21)과, 상기 내측관(21)의 외측에 동심원상으로 설치되어 상기 로터 내통(13)으로부터 고온의 냉매가스를 배출하기 위한 외측관(가스배출관)(22)으로 구성된 2중관을 포함하여 구성된다.

<23> 또, 상기 냉매 공급/회수 장치(20)에는 상기 비회전부인 냉매 공급/회수 장치(20)를 상기 로터의 내통(13)과 외통(14)이 구비된 회전부측에 연결 설치할 때, 회전부측의 고진공층(18)과 비회전부측의 진공층(28)이 계속하여 진공상태를 유지할 수 있도록 하기 위하여, 극저온에서 동작되는 자성유체실링(Ferro-fluid Magnetic Sealing)장치 등의 유체실링장치(30)가 설치되어 있다.

<24> 도 1의 종래 초전도 로터에서 상기 계자코일(10)의 초전도화를 위한 냉각 메카니즘은, 저장탱크(25)에 저장된 극저온 냉매(23)(액체네온 27Kelvin, -250℃, 액체수소 20Kelvin, -253℃ 등 주로 고온초전도선재 계자코일의 냉각온도인 20~30 Kelvin이 비등점인 냉매)가 냉매공급관(26)과 유체실링장치(30) 및 내측관(21)을 통하여 상기 로터

내통(13)의 내부로 공급되고, 이 극저온의 액체 냉매에 의해 상기 초전도 계자코일(10)이 냉각되어 초전도 상태가 된다. 또한, 상기 계자코일(10)을 냉각시키면서 기화된 냉매는 상기 외측관(22)과 유체실링장치(30) 및 냉매회수관(27)을 통하여 극저온 냉동기의 냉각단(24)으로 회수되어 냉각단(24)에 의하여 응축되고, 이 응축된 극저온 냉매는 상기 저장탱크(25)에 저장되었다가 다시 초전도 계자코일의 냉매로 사용되게 된다.

<25> 상기 배출되는 기화 냉매에 의해 상기 로터내통(13)과 상기 열차폐판(15) 및 상기 토크 튜브(12) 등이 냉각된다.

<26> 도 1의 작용을 간단히 설명하면, 먼저 극저온 냉매를 내측관(21)을 통해서 로터내통(13)에 연속적으로 공급하여 상기 계자코일(10)을 초전도화 시키고, 냉매로부터 증발한 기화 냉매를 외측관(22)을 통해 배출한다. 이와 동시에, 외부의 전원으로부터 상기 계자코일(10)이 여자되어 강자장을 발생시키고, 상기 계자코일(10)에 의하여 발생된 강자장에 의해 토크튜브(12)가 회전하게 되고 상기 회전자계에 의하여 상기 로터 외통과 일정 간극을 유지하고서 감겨져 있는 전기자에서 전류가 발생되도록 하거나(발전기), 또는 역으로 상기 전기자에 전류를 인가하여 상기 토크튜브(12)에 회전력을 발생시키도록 한다(전동기).

<27> 이상 설명된 종래의 초전도 로터를 사용한 초전도 발전기 및 모터는, 기존의 상전도 발전기 및 모터에 비해 손실을 50% 이상 줄일 수 있고, 계자코일에 대용량의 전류를 통전할 수 있기 때문에 동일 크기에서 용량을 2배 이상 키우거나 동일 용량에서 크기를 절반으로 줄일 수 있어 대용량화 및/또는 소형화가 가능한 등의 장점을 가지고 있다. 최근에 사용 온도가 높은 산화물계의 초전도선의 성능이 급격히 향상되면서 중소 용량 발전기 및 산업용 모터가 급격히 개발되어 보급될 것으로 전망되고 있다.

<28> 그러나, 도 1에 도시된 바와 같은 종래의 초전도 로터는, 계자코일(10)의 초전도화를 위하여 복잡한 다중 원통 구조를 가진 냉매 공급/회수 장치(20)가 필요하고, 냉매의 공급/회수/재응축의 과정에서 극저온 유로가 매우 길게 되어 단열구조가 불가피하게 길게 되어 냉각효율이 급격하게 떨어지게 된다. 또한 극저온 상태의 회전부와 비회전부의 진공 상태를 유지하기 위하여 유체실링장치 등이 필수적으로 필요하기 때문에, 상기 냉매 공급/회수 장치(20)의 다중관(22)의 각 원통의 온도차이에 의한 열수축량의 차이로 인하여 회전시에 진동을 야기시킬 수 있고, 고진공 및 극저온을 유지하면서 회전부와 비회전부를 연결하는 부위에서 장시간 운전시 신뢰성에 문제가 발생할 수 있는 단점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<29> 본 발명은 상기한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 그 목적은 복잡한 구조의 냉매 공급/회수 장치 없이 계자코일의 초전도화가 가능하도록 하고, 필요부위에 고진공을 신뢰성 있게 유지할 수 있도록 된 냉각시스템 내장형 초전도 로터와 이를 이용한 초전도 전동기 및 발전기를 제공하고자 하는 것이다.

<30> 본 발명의 다른 목적은 G-M형(Gifford-McMahon type) 냉동기나 스테링형(Stirling type) 냉동기의 피스톤과 같은 기계적 움직임부가 없는 맥동관 냉동기를 계자코일과 일체형으로 구성하여 전도냉각이 가능하게 함으로써, 극저온 냉매가 회전자 내부를 흐르지 않기 때문에 단열효율을 대폭 향상시킬 수 있고, 냉매의 증발온도에 관계없이 임의 온도에서 운전하는 것이 가능하며, 장기 운전시의 신뢰성을 향상시키도록 된 냉각시스템 내장형 초전도 로터와 이를 이용한 초전도 전동기 및 발전기를 제공하고자 하는 것이다.

- <31> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 냉각시스템 내장형 초전도 로터는, 초전도 계자코일과; 작동유체의 가압 및 감압을 반복함에 따라 발생하는 열 유동에 의하여 형성된 저온단에 의하여 상기 초전도 계자코일을 냉각하는 냉각수단을 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.
- <32> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 냉각시스템 내장형 초전도 로터는, 외부 전원에 의하여 여자되어 강한 자장을 발생시키기 위한 초전도 계자코일과; 상기 계자코일을 지지하는 계자코일 지지부와; 상기 계자코일을 냉각하기 위해 계자코일 지지부 내에 저온단 연결부를 통해 연결된 환형의 재생관(regenerator)과, 상기 재생관의 내측에 설치되어 상기 재생관과 연결된 맥동관(Pulse Tube)과, 상기 재생관과 맥동관을 연결하는 고온단 연결부와, 상기 재생관의 고온단 측에서 고압 및 저압의 작동유체가 출입하는 작동유체출입관과, 상기 고온단 연결부 측에서 상기 작동유체출입관과 상기 맥동관을 연결하는 이중작동유체유입밸브(double inlet valve)와, 상기 고온단 연결부 측의 상기 맥동관과 오리피스 밸브를 통해 연결된 가스 저장통을 포함하는 맥동관 냉동기(Pulse Tube Refrigerator)와; 상기 계자코일지지부와 연결되어 상기 계자코일에서 발생된 강자계에 의하여 회전하는 토크 튜브(Torque Tube)와; 상기 작동유체출입관에는 고압의 작동유체와 저압의 작동유체를 교번하여 공급하기 위한 작동유체공급수단을 포함하여 구성된다.
- <33> 상기 작동유체공급수단은, 상기 작동유체출입관에 연결된 유체실링장치와; 작동유체를 압축하는 압축기와; 상기 압축기로부터의 고압의 작동유체와 저압의 작동유체를 교번하여 상기 유체실링장치를 통해서 상기 작동유체출입관으로 공급하기 위한 로터리밸브를 포함하여 구성된다.

- <34> 또, 상기 작동유체공급수단은 상기 토크튜브와 함께 회전되어 상기 작동유체출입관의 작동유체의 가압 및 감압을 반복하는 선형압축기로 구성되어도 된다.
- <35> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 냉각시스템 내장형 초전도 로터를 구비한 초전도 발전기는, 상기에서 규정된 초전도 로터와, 상기 초전도 로터의 외주에 상기 초전도 로터와 일정 간격을 유지하고 설치된 전기자를 포함하여 구성되고, 상기 초전도 로터의 계자코일에 발생된 회전자계에 의하여 상기 초전도 로터가 회전함에 따라 상기 전기자에 전류가 유기되도록 구성된 것을 특징으로 한다.
- <36> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 냉각시스템 내장형 초전도 로터를 구비한 초전도 전동기는, 상기에서 규정한 초전도 로터와, 상기 초전도 로터의 외주에 상기 초전도 로터와 일정 간격을 유지하고 설치된 전기자를 포함하여 구성되고, 상기 전기자에 전류를 인가하여 상기 초전도 로터의 계자코일에 발생된 회전자계에 의하여 상기 초전도 로터가 회전함에 따라 이 회전력을 외부로 전달하도록 구성된 것을 특징으로 한다.
- <37> 상기와 같이 구성된 본 발명에 의하면, 계자코일 내측에 설치된 맥동관 냉동기를 운전하여 상기 계자코일을 전도냉각방식으로 운전온도까지 냉각시켜 초전도화시킴으로써 액체 또는 기체상태의 극저온 냉매의 순환이 없이 운전하는 것이 가능하여 구조가 간단하며, 운전의 편리성, 효율 및 신뢰성을 획기적으로 향상시킬 수 있다.

【발명의 구성 및 작용】

- <38> 이하, 첨부도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 발전기 및 모터용 초전도 로터에 대하여 상세히 설명한다.
- <39> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 냉각 시스템 내장형 초전도 로터의 요부 구성을 나타낸 단면도이다.
- <40> 동 도면에 도시한 바와 같이, 초전도선을 사용하여 높은 자장을 발생시키는 초전도 계자코일(100)이 계자코일지지부(110)에 의해 지지되어 있다. 상기 초전도 계자코일(100)은 산화물계의 초전도선으로 구성함이 바람직하다. 상기 계자코일(100)을 냉각하기 위해 계자코일지지부(110)의 내측에는 저온단 연결부(200)를 통해 연결된 맥동관 냉동기(Pulse Tube Refrigerator)가 설치되어 있다.
- <41> 상기 맥동관 냉동기는, 환형(ring type)의 재생관(210)과, 상기 재생관(210)의 내측에 설치된 맥동관(Pulse Tube; 220)과, 상기 재생관(210)과 맥동관(220)을 연결하는 고온단 연결부(230)와, 상기 재생관(210)의 고온단 측에서 고압 및 저압의 가스가 출입하는 작동유체출입관(250)과, 상기 고온단 연결부(230) 측에서 상기 작동유체출입관(250)과 상기 맥동관(220)을 연결하는 이중기체유입밸브(Double Inlet Valve)(270)와, 상기 고온단 연결부(230) 측의 상기 맥동관(220)과 이중기체유입밸브(270)에 오리피스 밸브(260)를 통해 연결된 가스 저장통(240)을 포함하여 구성된다.
- <42> 상기 재생관(210)은 작동유체보다 열용량이 큰 다공성물질이 채워져 있으며, 상기 맥동관(220)에서 생성된 냉각온도를 저장하였다가 작동유체가 재생관(210)을 통과할 때, 냉각하거나 가열하는 열 스펀지 역할을 한다.

- <43> 상기 맥동관(220)내에서 고압의 작동 가스가 일반 냉동기의 고체 팽창기와 같이 가스 피스톤으로 작동되어 저온단연결부(200)가 냉각되어 계자코일(100)을 냉각하게 되고, 상기 재생관(210)은 상기 맥동관(220)에서 생성된 냉각온도를 저장하였다가 작동유체가 재생관(210)을 통과할 때 냉각하거나 가열하는 역할을 한다. 또한 상기 이중기체유입관(270), 상기 오리피스 밸브(260), 상기 가스 저장통(250)은 상기 맥동관(220)에서 가스 피스톤의 위상을 조절하여 냉각효율을 높일 수 있도록 하는 위상조절의 역할을 한다.
- <44> 상기 계자코일지지부(110)의 양단에는 상기 계자코일(100)의 강자계에 의하여 발생되는 회전력을 외부로 전달하기 위한 토크 튜브(Torque Tube)(120)가 일체로 설치되어 있고, 상기 계자코일지지부(110)의 외측에는 적어도 상기 계자코일(100)을 포함한 상기 계자코일지지부(110)를 둘러싸도록 로터 내통(130)이 설치되어 있으며, 상기 로터 내통(130)의 외측에는 이 로터 내통(130)과 토크튜브(120)를 둘러싸도록 로터 외통(140)이 설치되어 있다. 상기 로터 내통(130)과 상기 로터 외통(140) 사이는 외부로부터의 열침입을 최소화할 수 있도록 고진공 상태의 진공부(150)로 형성되고, 그 진공부(150)내에는 외부로부터의 복사열 침입을 차단할 수 있는 열차폐판(160)이 설치되어 있으며, 상기 열차폐판(160)의 주위에는 여러 겹의 슈퍼인슐레이션(superinsulation)(미도시함)을 설치하여 복사에 의한 열전달을 최소화한다. 또, 상기 로터 외통(140)에는 진공배기를 위한 진공포트(미도시함)가 설치되어 있다.
- <45> 이와 같은 구성에 따르면 계자코일(100)의 보빈의 일부가 맥동관 냉동기를 구성하게 되어 초전도 코일을 자체적으로 냉각할 수 있게 된다. 이와 같은 맥동관 냉동기는 1963년 W.E. Gifford와 R.C. Longsworth에 의해 도입되었으며, 스테링형 냉동기의 저온측 가동부(팽창기)를 한 개의 관으로 치환하고 피스톤(solid piston)을 가스 피스톤(gas

piston)의 구동방식으로 대체하여 관과 가스와의 열수송에 의해 압축기 측에 저온부가 형성되고 그 반대측에 고온부가 형성되어 냉동능력을 얻게 된다. 맥동관 냉동기는 저온 측에 가동부를 제거함으로써 저진동화 할 수 있으며, 제조단가의 저감, 신뢰성 및 수명의 향상뿐만 아니라 설계 자유도의 향상이 있는 이점이 있다.

<46> 이와 같이 본 발명에서 채용한 맥동관 냉동기에 대하여 도 3을 참조하여 설명하면 다음과 같다.

<47> 작동유체출입관(250)에 작동가스로서 예를 들면 헬륨가스를 주기적으로 가압과 감압을 반복함에 따라 관(L1)(L2)과 재생관(210)을 통해서 맥동관(220)의 저온단에서 고온단측으로 헬륨가스의 가스 압력의 주기적인 변화가 전달된다. 즉, 맥동관(220)내에서 압력파를 발생시키고 맥동관(220)의 고온단 측에 연결·설치된 오리피스 밸브(260)를 적절히 조정하여 압력파의 위상을 잘 조절하면 맥동관(220) 내에서 G-M형(Gifford-McMahon type) 및 스테링형(Stirling type) 냉동기에서 피스톤/디스플레이서(displacer)와 같이 팽창기의 역할을 하는 가스 피스톤이 형성되어 맥동관(220)의 저온단에서 고온단으로 열의 유동이 가능하게 되어, 맥동관(220)의 저온단측의 저온단연결부(200)가 냉각된다. 이에 따라 상기 저온단연결부(200)에 계자코일지지부(110)를 통해서 연결되어 있는 계자코일(100)이 냉각된다.

<48> 여기서, 가스저장통(240)의 체적은 맥동관(220)의 체적에 비하여 매우 커서 압력변화가 거의 없을 정도로 설계되어야 한다.

- <49> 상기 오리피스밸브(260)는 기본적으로 압축기로부터 가스 저장통(240)으로 들어가고 나오는 헬륨가스의 압력과 질량유속 사이의 위상을 조절해주는 역할을 한다. 압축기로부터 가스저장통(240)으로 들어가고 나오는 헬륨가스의 압력과 질량유속 사이의 위상은 냉동기의 성능에 매우 중요한 역할을 하고, 민감하게 변하기 때문에, 상기 오리피스밸브(260)의 밸브 개도는 맥동관 냉동기를 제작한 후 실험에 의해 최적화를 하여야 한다.
- <50> 상기 이중기체유입밸브(270)는 오리피스밸브(260)가 만들 수 있는 위상차의 한계를 극복하도록 해주고, 헬륨가스가 필요 이상으로 재생기(210)를 지나감으로써 생기는 손실을 제거하여 주기 때문에 효율이 증대하고 냉동 성능을 향상시키게 된다. 상기 이중기체유입밸브(270)도 밸브 개도에 따른 성능 변화가 민감하므로 맥동관 냉동기를 제작한 후 실험에 의해 최적화를 하여야 한다.
- <51> 도 3에서 작동유체출입관(250)과, 작동유체출입관(250)과 재생관(210)사이의 관(L1)(L2), 이중기체출입관(270)과 맥동관(220)사이의 관(L3), 맥동관(220)과 오리피스밸브(260)사이의 관(L4) 및, 오리피스밸브(260)와 가스저장통(240)사이의 관(L5)의 직경과 길이 등은 맥동관 냉동기의 용량(냉동능력)에 따라서 다르게 설계되어야 한다. 상기 각 관들(250)(L1)(L5)의 경우에는 직경이 너무 크면 사용적(dead volume : 냉동에 직접적인 기여를 하지 못하는 체적)이 증가하여 냉동 성능을 저하시키고, 너무 작으면 유로 저항이 증가하여 압축 및 팽창일을 증가시켜 효율을 감소시키기 때문에 냉동기의 용량(냉동능력)에 따라 질량 유량이 결정되므로 그에 따른 각 관들의 직경과 길이가 결정되어야 한다.

- <52> 또, 상기 맥동관(220)의 직경 및 길이, 상기 재생기(210)의 직경 및 길이, 상기 재생기(210)의 다공성물질로 된 메쉬(mesh)의 수, 가스저장통(240)의 체적, 상기 이중기체 유입밸브(270)와 오리피스 밸브(260)의 유량계수 등도 맥동관 냉동기의 용량(냉동능력)에 따라서 다르게 설계되어야 한다.
- <53> 맥동관 냉동기에서 근본적으로 각 관들(250)(L1)(L5)은 사용적에 포함되고, 이중기체 유입밸브(270)와 오리피스 밸브(260)의 유량계수가 중요한 작동 변수이기 때문에 각 밸브(270)(260)의 개도(유량 계수)가 적절한 값으로 설정되도록 설계되어야 한다.
- <54> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 냉각 시스템 내장형 초전도 로터의 전체구성을 도시한 종 단면도이다.
- <55> 동 도면에 도시한 바와 같이, 작동유체출입관(250)은 극저온이 아닌 상온에서 기밀이 유지되면서 회전이 가능한 유체실링장치(300)를 통해서 로터리밸브(310)에 연결되어 있다. 상기 로터리밸브(310)에는 작동유체압축기(340)로 고압가스가 유입되도록 설치된 고압가스유입관(320)과 상기 작동유체압축기(340)로부터 저압가스가 유출되도록 설치된 저압가스유출관(330)이 연결되어 있다. 상기 작동유체압축기(340)로서는 작동유체로서 헬륨가스를 사용하는 헬륨가스 압축기 등을 사용할 수 있다.
- <56> 상기 작동유체압축기(340)의 고압부와 저압부가 상기 로터리밸브(310)를 통해서 교번적으로 작동유체출입관(250)과 연결됨에 따라 재생관(210)을 통해서 압력파가 맥동관(220) 내부로 전달되고, 오리피스 밸브(260)와 이중기체유입밸브(270)의 개도를 적절히 설정하여 압력파의 위상을 잘 조절해 놓으면 맥동관(220) 내에서 G-M형

(Gifford-McMahon type) 및 스테링형(Stirling type) 냉동기에서 피스톤/디스플레이서(displacer)와 같이 팽창기의 역할을 하는 가스 피스톤이 형성되어 맥동관의 저온단에서 고온단으로 열의 유동이 가능하게 되어, 맥동관(220)의 저온단측의 저온단연결부(200)가 냉각된다. 이에 따라 상기 저온단연결부(200)에 계자코일지지부(110)를 통해서 연결되어 있는 계자코일(100)이 냉각된다.

<57> 즉, 외부의 작동유체압축기(340)로부터 고압 및 저압의 작동유체를 연결하고 로터리 밸브(310)를 작동시켜 맥동관(220)내로 작동유체를 유출입시키고, 저온단에서 고온단으로 열전달이 일어나도록 하여 저온단을 냉각시켜 계자코일(100)을 25~30 Kelvin 내외의 운전온도로 냉각시켜 초전도화할 수 있다. 따라서 본 발명에서는 피스톤이나 디스플레이서(Displacer)와 같은 질량을 가진 움직부가 없는 맥동관 냉동기의 냉각단을 계자코일(100) 내측에 설치하여 전도냉각방식으로 냉각시키기 때문에 냉매의 유출입이 없이 상온에서 임의의 운전온도까지 냉각하여 운전하는 것이 가능하다.

<58> 본 실시예에서는 작동유체출입관(250)의 끝단에는 고압에서 기밀이 유지되면서 회전할 수 있는 유체실링장치(300)가 연결되어 있으며, 상기 유체실링장치(300)과 연결되어 맥동관 냉동기 운전 주파수로 고압 및 저압의 작동유체를 공급/배출하는 로터리 밸브(310)가 작동유체압축기(340) 사이에 설치되어 있어서, 고압의 작동유체가 맥동관(220)내에서 가스 피스톤 역할을 하여 저온단에서 냉각능력을 얻게 된다. 따라서, 본 발명에서는 피스톤과 같은 기계적인 움직임부가 없는 냉각사이클의 형성이 가능한 맥동관 냉동기의 냉동사이클부를 계자코일(100)의 내측에 설치하고, 압축기(340)를 로터와 상관 없는 외부에 설치함으로써 자체냉각이 가능한 초전도 로터를 구현하여, 구조를 간편히 하고, 냉각효율을 대폭 향상하며, 신뢰성을 증가시킬 수 있다.

- <59> 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 냉각 시스템 내장형 초전도 로터의 전체구성을 도시한 종 단면도이다.
- <60> 도 5의 실시예에서는 작동유체출입관(250)의 끝단에 선형운동을 하는 압축기(linear compressor)(400)를 직접 설치하여 맥동관(220)의 저온단에서 냉각능력을 얻게 되는데, 이 경우는 선형압축기(400) 자체도 초전도 로터와 한 몸체가 되어 회전하게 된다.
- <61> 본 실시예에서는 초전도 로터가 회전함에 따라 로터와 일체로 장착된 선형압축기(400)도 회전하면서 작동유체출입관(250) 내의 작동유체에 대하여 가압 및 감압이 교번적으로 이루어지게 되고, 이에 따라 재생관(210)을 통해서 맥동관(220)의 저온단에서 고온단측으로 작동가스의 가스 압력의 주기적인 변화가 전달된다. 따라서 맥동관(220)의 저온단에서 고온단으로 열의 유동이 가능하게 되어, 맥동관(220)의 저온단측의 저온단연결부(200)가 냉각된다. 이에 따라 상기 저온단연결부(200)에 계자코일지지부(110)를 통해서 연결되어 있는 계자코일(100)이 냉각된다.
- <62> 상기한 도 5의 실시예는 도 4의 실시예에서와 같이 외부의 압축기와 연결하는 로터리밸브와 유체실링장치를 제거할 수 있어 더욱 간단한 구조로 맥동관 냉동기의 운전 및 초전도 코일의 냉각이 가능한 초전도 로터를 구현하는 것이 가능하다.
- <63> 상기한 실시예들에서는 냉각 시스템 내장형 초전도 로터에 대하여 설명하였지만, 본 발명에서는 초전도 계자코일에 의하여 발생된 강자장에 의해 토크튜브가 회전하게 되고 상기 회전자계에 의하여 상기 로터 외통과 일정 간극을 유지하고서 감겨져 있는 전기

자에서 전류가 발생되도록 하면 초전도 발전기를 구성할 수 있으며, 또한 역으로 상기 전기자에 전류를 인가하여 상기 토크튜브에 회전력을 발생시키도록 하면 초전도 전동기를 구성할 수 있다.

<64> 한편, 본 발명은 전술한 전형적인 바람직한 실시예들에만 한정되는 것이 아니라 본 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지로 개량, 변경, 대체 또는 부가하여 실시할 수 있는 것임은 당해 기술분야에 통상의 지식을 가진 자라면 용이하게 이해할 수 있을 것이다. 이러한 개량, 변경, 대체 또는 부가에 의한 실시가 이하의 첨부된 특허청구범위의 범주에 속하는 것이라면 그 기술사상 역시 본 발명에 속하는 것으로 보아야 한다.

【발명의 효과】

<65> 이상 상세히 설명한 바와 같이 본 발명에 따른 발전기 및 모터용 초전도 로터에 의하면, 복잡한 구조의 냉매 공급/회수 장치 없이 계자코일의 초전도화가 가능하도록 하여 구조를 단순화하고, 필요부위에 고진공을 신뢰성 있게 유지할 수 있도록 하여 신뢰성을 향상시키며, 기계적 움직임이 없는 맥동관 냉동기의 저온 냉각단을 계자코일 지지부에 직접 연결하여 전도냉각으로 냉각함으로서 초전도 계자코일이 임의의 운전온도까지 자체 냉각되어 운전하는 효과가 있으며, 냉동기의 냉각단과 피냉각체인 회전하는 초전도 계자코일의 사이에 이차적인 극저온 냉매 또는 열전달 매체가 없음으로 단열구조 및 진공구조가 매우 간단하여 냉각효율을 대폭 향상시킬 뿐만 아니라 전체적인 시스템효율 및 신뢰성을 대폭 향상시키는 효과가 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

초전도 계자코일과,

작동유체의 가압 및 감압을 반복함에 따라 발생하는 열 유동에 의하여 형성된 저온단에 의하여 상기 초전도 계자코일을 냉각하는 냉각수단을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 냉각 시스템 내장형 초전도 로터.

【청구항 2】

외부 전원에 의하여 여자되어 강한 자장을 발생시키기 위한 초전도 계자코일과;

상기 계자코일을 지지하는 계자코일 지지부와;

상기 계자코일을 냉각하기 위해 계자코일 지지부내에 저온단 연결부를 통해 연결된 환형의 재생관과, 상기 재생관의 내측에 설치되어 상기 재생관과 연결된 맥동관과, 상기 재생관과 맥동관을 연결하는 고온단 연결부와, 상기 재생관의 고온단 측에서 고압 및 저압의 작동유체가 출입하는 작동유체출입관과, 상기 고온단 연결부(230) 측에서 상기 작동유체출입관과 상기 맥동관을 연결하는 이중작동유체유입밸브와, 상기 고온단 연결부 측의 상기 맥동관과 오리피스 밸브를 통해 연결된 가스 저장통을 포함하는 맥동관 냉동기와;

상기 계자코일지지부와 연결되어 상기 계자코일에서 발생된 강자계에 의하여 회전하는 토크 튜브와;

상기 작동유체출입관에 고압의 작동유체와 저압의 작동유체를 교번하여 공급하기 위한 작동유체공급수단을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 냉각 시스템 내장형 초전도 로터.

【청구항 3】

제 2항에 있어서,

적어도 상기 계자코일을 포함한 상기 계자코일지지부를 둘러싸고 있는 로터 내통과;

상기 로터 내통을 둘러싸고 있는 로터 외통 및;

상기 로터 내통과 상기 로터 외통 사이에 설치된 열차폐판을 더 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 냉각 시스템 내장형 초전도 로터.

【청구항 4】

제 2항에 있어서,

상기 작동유체공급수단은, 상기 작동유체출입관에 연결된 유체실링장치와,

작동유체를 압축하는 압축기와;

상기 압축기로부터의 고압의 작동유체와 저압의 작동유체를 교번하여 상기 유체실링장치를 통해서 상기 작동유체출입관으로 공급하기 위한 로터리밸브를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 냉각 시스템 내장형 초전도 로터.

【청구항 5】

제 2항에 있어서,

상기 작동유체공급수단은 상기 토크튜브와 함께 회전되어 상기 작동유체출입관의 작동유체의 가압 및 감압을 반복하는 선형압축기로 구성된 것을 특징으로 냉각 시스템 내장형 초전도 로터.

【청구항 6】

제 1항 내지 제 5항중 어느 한 항에 있어서,

상기 작동유체는 헬륨가스인 것을 특징으로 하는 냉각 시스템 내장형 초전도 로터.

【청구항 7】

제 1항 내지 제 5항중 어느 한 항에 의하여 규정된 초전도 로터와,

상기 초전도 로터의 외주에 상기 초전도 로터와 일정 간격을 유지하고 설치된 전기자틀을 포함하여 구성되고,

상기 초전도 로터의 계자코일에 발생된 회전자계에 의하여 상기 초전도 로터가 회전함에 따라 상기 전기자틀에 전류가 유입되도록 구성된 것을 특징으로 하는 냉각 시스템 내장형 초전도 로터를 구비한 초전도 발전기.

【청구항 8】

제 1항 내지 제 5항중 어느 한 항에 의하여 규정된 초전도 로터와,

상기 초전도 로터의 외주에 상기 초전도 로터와 일정 간격을 유지하고 설치된 전기자틀을 포함하여 구성되고,

상기 전기자틀에 전류를 인가하여 상기 초전도 로터의 계자코일에 발생된 회전자계에 의하여 상기 초전도 로터가 회전함에 따라 이 회전력을 외부로 전달하도록 구성된 것을 특징으로 하는 냉각 시스템 내장형 초전도 로터를 구비한 초전도 전동기.

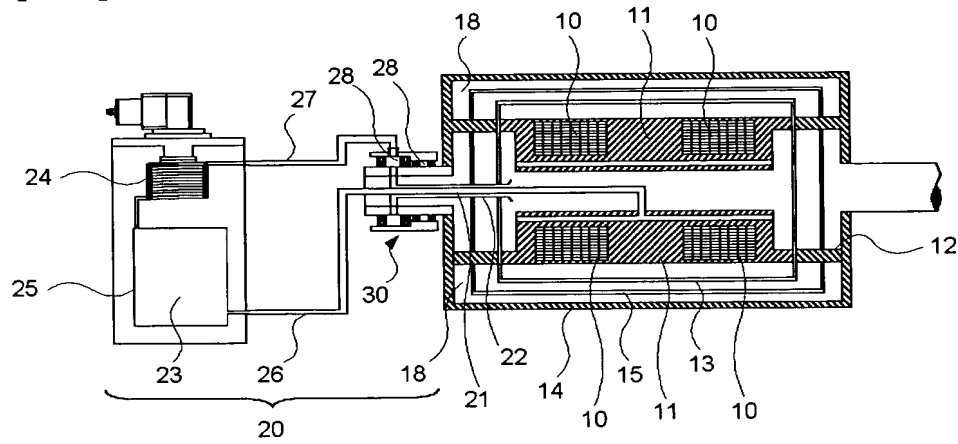


1020020043454

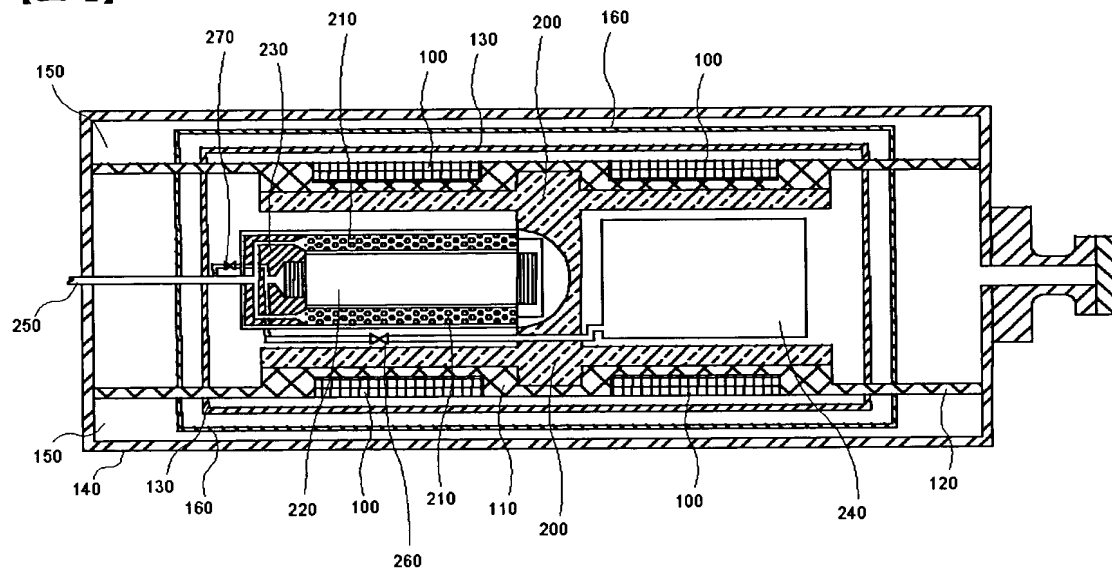
출력 일자: 2002/10/15

【도면】

【도 1】



【도 2】

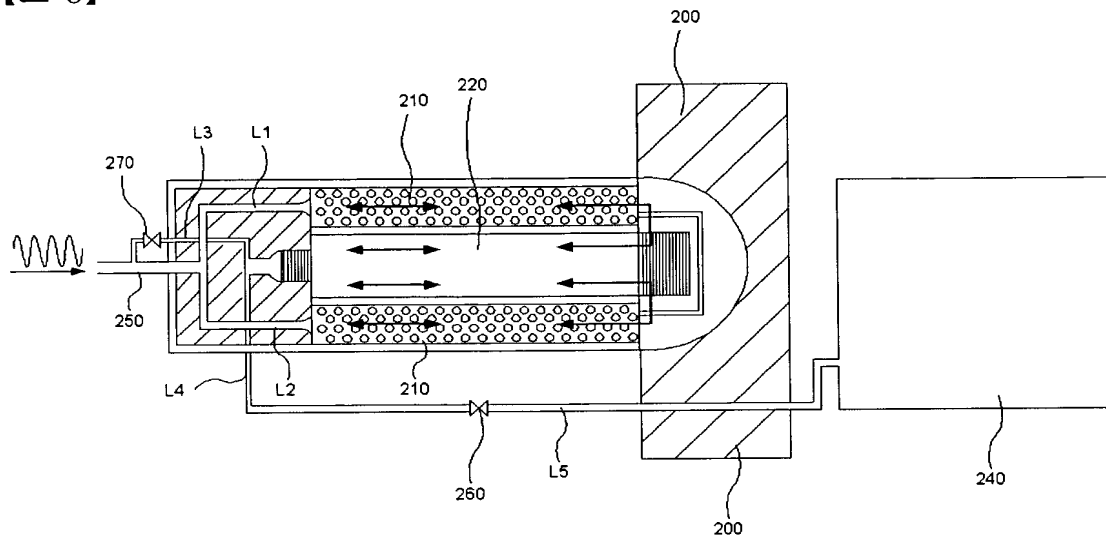




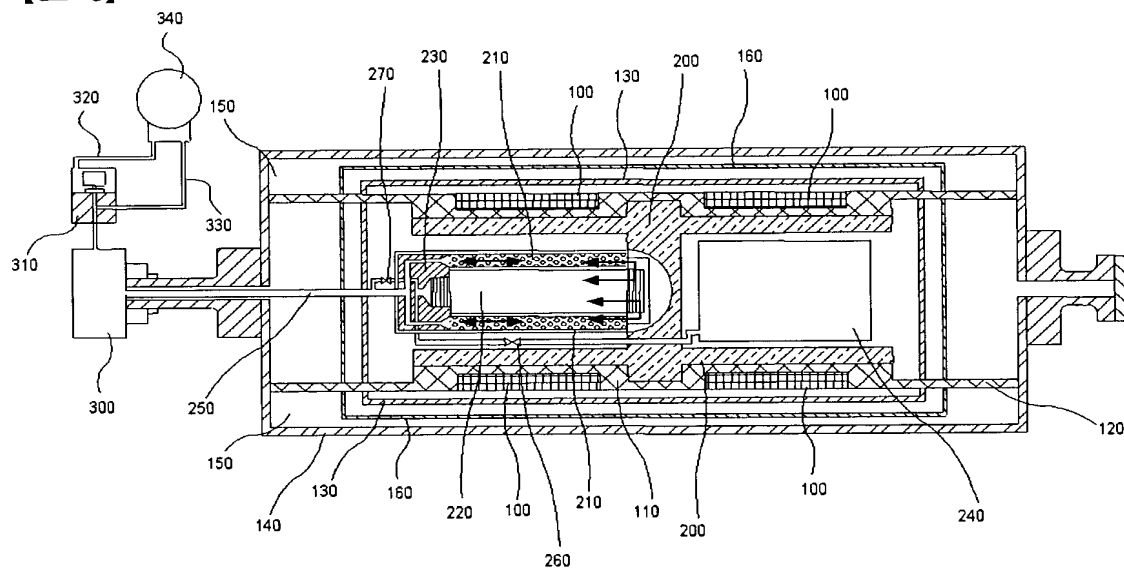
1020020043454

출력 일자: 2002/10/15

【도 3】



【도 4】



【도 5】

